

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-12520
(P2000-12520A)

(43) 公開日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 L 21/3065		H 0 1 L 21/302	B 4 K 0 5 7
C 2 3 F 4/00		C 2 3 F 4/00	A 5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	5 F 0 4 5
H 0 5 H 1/46		H 0 5 H 1/46	A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-172551

(22) 出願日 平成10年6月19日 (1998.6.19)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 数見 秀之

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 田子 一農

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

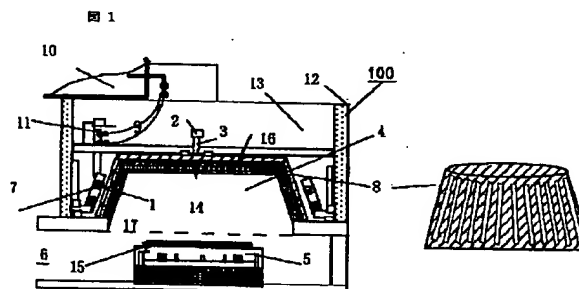
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】酸化膜エッチングにおいて、SiやSi₃N₄に対する高選択比を、大口径ウエハ面内で均一に実現するプラズマプロセス装置を提供する。

【解決手段】ガスが供給される処理室が形成され、処理室内にウエハを指示するために設けられた電極を有し、ガスを解離、電離させるアンテナ手段を処理室外に有し、処理室を構成する真空容器の上面(ウエハに対抗する面)の面積が下面の面積より小さいプラズマ処理装置であって、処理室内面をSiCで構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】ガスが供給される処理室を備え、当該処理室内にウエハを支持する電極を有し、ガスを解離、電離させるアンテナ手段を前記処理室の外に有し、前記処理室を構成する真空容器の、前記ウエハに対抗する上面の面積が、下面の面積より小さいプラズマ処理装置において、前記処理室の少なくとも内面をSiCで構成したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】ウエハに対向する上面に、金属性、もしくは半導体からなる板を中心部に配置し、当該板に高周波電圧を印加し、容量結合放電によってプラズマを追加熱する手段を備えたことを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】ウエハに対向する上面に設けた板の表面が、処理室内面と同様のSiCであることを特徴とする請求項2記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】処理室外部に開口部を有する金属を配置し、当該金属の電位を制御する電位制御手段を設けたことを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】処理室外部にファラデーシールドを配置し、当該ファラデーシールドにコンデンサ、もしくはコイルを接続して前記ファラデーシールドの電位が浮遊となるよう構成したことを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項6】処理室外部にファラデーシールドを配置し、ファラデーシールドにコンデンサ、もしくはコイルを接続し、当該コンデンサ容量や、当該コイルのインダクタンスを制御する制御手段を設け、前記ファラデーシールドの電位を可変とすることを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマを使用して被処理物を処理するエッチング等の処理装置に関する。

【従来の技術】半導体デバイスの集積度が増加するにつれ、加工する被処理物であるウエハ径の拡大、回路パターンの微細化が進んでいる。種々あるLSI製造工程の内、今後益々多用される行程に、素子と配線の間や配線間を絶縁している酸化膜エッチングが挙げられる。酸化膜エッチングは、マスク材によって作成されたパターンに沿って、酸化膜を削るものであり、マスク材（レジストや Si_3N_4 ）及び下地となるSiや Si_3N_4 との高選択比が要求される。酸化膜エッチングでは炭素Cとフッ素Fを含むガス（ C_4F_8 、 C_2F_6 もしくは CH_2F_2 等）に高周波を印加してガスを解離・電離させて種々のラジカルやイオンを生成し、その結果、Cを含むラジカル、例えばフルオロカーボン系のラジカル（ CxFy と記す）の堆積とイオン入射とが競合してエッチングが進行する。例えば、 SiO_2 は次の反応、すなわち $\text{SiO}_2 + 2\text{CF}_2 (2\text{C} + 4\text{F}) \rightarrow \text{SiF}_4 + 2\text{CO}$ がイオン

入射によるアシストによって促進される。一方、下地であるSiについては、Fが存在することにより、 $\text{Si} + 4\text{F} \rightarrow \text{SiF}_4$ の反応が起こるが、CFや CF_2 等のフルオロカーボン系のラジカルによる重合反応のため、表面が被覆され、エッチング反応が阻害される。その結果として、 SiO_2 とSi（ Si_3N_4 も同様）のレート比、いわゆる選択比を高くすることが可能となる。このエッチングを支配するのは、ラジカル密度とその組成、イオン密度とバイアス電圧（基板に入射するイオンエネルギー）であり、また生成されるフルオロカーボン膜中のCとFの比、いわゆるC/F比が高い程、選択比は高いことが知られている。膜中の組成は、気相中の組成に支配され、フルオロカーボン系のラジカル CxFy とFとの密度比が重要となる。 CxFy とFとの比を制御する方法として、気相反応による制御と壁反応の制御の2種類が挙げられる。これを C_4F_8 ガスを例として説明する。 C_4F_8 は解析によると図5に示すように解離する。まず、Fが解離するのが特徴で、その後 CF_2 に解離する。まず、気相反応のみを考えると、低次の解離しか進行しなければ、例えばプラズマ密度が低い場合等、Fの割合が高く、 CxFy/F が低くなり、その結果、膜中のC/F比が小さくなる。一方、プラズマ密度で 10^{17}m^{-3} 以上の高密度プラズマにすると、解離が次々に進行していくため、その過程でFの量が増えるが、一方でCFやCのようにC/Fの高いラジカルが生成され、しかもそれらの付着率が高くなるため、フルオロカーボン膜のC/F比が上がり、選択比が向上すると考えられている。この例として、ECR（電子サイクロトロン共鳴）方式や、誘導結合方式のように高密度プラズマを生成する場合は、上記の機構によって高選択比を達成していると考えられる。一方、平行平板を用いたRFでは $10^{16} \sim 10^{17}\text{m}^{-3}$ のプラズマを生成する。気相反応のみを考えるとFが多くなるが、Fはウエハもしくは対向する電極に形成されるフルオロカーボン膜に取り込まれる。電極もしくはウエハには高周波バイアスが印加され、フルオロカーボン膜がイオンによって弾き飛ばされる。その時、Fは CxFy の形で気化するため、フルオロカーボン膜のC/F比が上がると考えられる。高周波バイアスの値によってフルオロカーボン膜の膜厚、組成が変化するため、これを調整することにより、高選択比が実現できる。その際、電極間隔が装置径に比べて十分小さくすることにより、気相反応によるラジカルの分解よりも壁反応による再結合や、Fの取り込み、及びその気化が支配するように、装置間隔等を選ぶことが重要となる。この方式を用いた例として、特開平1-109725号、特開平4-1963419号等がある。他の選択比向上に関する従来技術としては、気相反応制御方法として、フルオロカーボンガスへの H_2 の添加や壁反応制御として、加熱したSi板をアース電極として用いたもの（セミコン関西神戸ULSI技術セミナー94講演予稿集P.175-181）がある。

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の

技術には、以下の問題点が存在する。第一例の高密度プラズマの場合、高密度、高電子温度によって解離が進行し、C/Fの高いラジカルを生成するが、その付着率が高いことからフルオロカーボン膜の堆積が進み、その分布を制御するのは困難となる。その結果、ウエハの面内でのエッチングレート、もしくは選択比が不均一になりやすいことが挙げられる。通常、高密度プラズマの場合、均一性確保のために装置の高さを大きくする必要があるため、プラズマの体積が大きくなり、気相反応が支配的となり、壁反応によるラジカル組成の制御が困難となる。但し、ECRや誘導結合方式は低ガス圧、1Pa以下でもプラズマを生成可能である。低ガス圧では、イオン-中性粒子の衝突頻度が小さいため、イオン入射角がウエハに対してほぼ垂直になるため、エッチング形状が垂直であり、また寸法シフトが小さくなる。第二例の平行平板の場合、壁反応を利用することが本質であるため、電極間隔(装置高さ)を小さくする必要がある。また、プラズマが生成されるガス圧範囲(動作範囲)が1~2Pa程度以上必要とされ、そのプラズマ密度も前記の方法に比べて低い。ウエハから発生する反応生成物(CxHyラジカルも同様)や対向電極からの反応生成物の分布は、拡散に支配されるため、必ず中高になる。その結果、径方向に反応生成物やラジカル組成が不均一になるが、現状は電極間隔を小さくすることで解決している。但し、今後ウエハが大口径化するにつれて、径方向の反応生成物やラジカル組成が不均一の影響が顕著になってくると考えられる。これは、ガス圧が前者に比べて高いことから、拡散による均一化が期待できないためである。その際、電極間隔を大きくすると、壁反応によるラジカル組成制御の効果が低減し、一方気相内でのラジカル解離反応が進みFの割合が増えて、CxHy/Fが小さくなり、低選択比になると考えられる。このように、均一性と高選択比の両立が困難になることが予想される。第三例のH₂もしくはHを含むガス添加の場合、HによるFラジカル除去反応(H+F→HF)の結果、フルオロカーボン膜がC/F比と成り得、対Siに対しては高選択比が見込めるが、SAC(Self Aligned Contact)プロセスの場合に使用される下地のSi₃N₄に対しては、HとNが反応することにより、むしろ選択比が低下する。第四例の加熱Si板を用いた場合、加熱によってフルオロカーボン膜の堆積を抑え、FをSiによって除去しようとするものであるが、フルオロカーボンガスによって対Siに対する高選択比が実現される。すなわち、Si+4F→SiF₄より膜の堆積が上回ることから、F低減効果は不十分であることが判る。本発明の目的は、酸化膜エッチングにおいて、SiやSi₃N₄に対する高選択比を、大口径ウエハ面内で均一に実現するプラズマプロセス装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためのは、気相中の解離反応を制御し得ること、プラズマ密度や電子温度がある程度の範囲で自由に外部から制御可

能なこと、及びこれとは独立に壁反応によるラジカル組成や反応生成物の組成を制御し得る必要がある。本発明の特徴とするところは、ガスが供給される処理室を備え、当該処理室内にウエハを支持する電極を有し、ガスを解離、電離させるアンテナ手段を前記処理室の外に有し、前記処理室を構成する真空容器の、前記ウエハに対抗する上面の面積が、下面の面積より小さいプラズマ処理装置において、前記処理室の少なくとも内面をSiCで構成したことにある。上記のように構成したことにより、Si+4F(2F)→SiF₄(SiF₂)反応によるF除去に加え、C+xF→CF_xによるF除去とエッチングに寄与するフルオロカーボンラジカルへの変換によって気相中のラジカル組成を制御する。壁全面によってF除去を図れば、装置内のラジカルを均一に高C/F比化できる。さらに、このアンテナを用いた誘導結合方式では、低圧で高密度プラズマが生成でき、しかも低ガス圧で動作させると、反応生成物の均一化も図れるので、均一、高選択のエッチングが実現できる。さらに、反応生成物密度を制御する方法として、ウエハに対向する面に、金属または半導体で構成した板を配置する。この板に高周波電圧を印加し、容量結合放電によってプラズマを追加熱し、ウエハから放出された反応生成物を解離させ、反応生成物及び再解離生成物の密度を変化させる。または、追加熱によってラジカル組成及びその分布を局所的に変化させる。また、処理室外部に静電界を遮蔽するファラデーシールドを配置し、このファラデーシールドの電位を電位制御手段で変えることにより、容器壁の電位を変える。これによって、容器壁-プラズマ間に電位差を与え、イオンを加速することにより、壁に堆積したフルオロカーボン膜(Fを取り込んでいる)や付着したSiF₄をスパッタできるので、新たにSiCを表面に露出させFラジカルと反応しやすくすることができる。これによって、安定して、気相中のFラジカルを低減し、またSiO₂エッチングに寄与するCxHyラジカルを導入できる。Fラジカル低減は、フルオロカーボン膜の高C/F比化となるので高選択比を図ることができる。さらに、壁から放出されるフルオロカーボンラジカル量は、容器壁の電圧によって変化させることができるので、ラジカル組成や密度を変化させることができる。気相反応(これは圧力やパワーによって制御できる)に加えて壁反応の両者から、ラジカル組成や密度の制御が図れるので、安定したエッチングが可能となる。上記の容器壁の電位を変える手段として、容器外部に設けたファラデーシールドにコンデンサー、もしくはコイルを接続してファラデーシールドの電位が浮遊となるようにし、これらの容量等を変化させることで、ファラデーシールドの電位を、プラズマ発生手段であるアンテナの電位とは独立に制御できるので、装置の制御性が向上する。

【発明の実施の形態】本発明の実施例を図1~図4に示す。本発明の第1の実施例を図1に示す。この図は誘導

結合型プラズマ生成装置を示し、プラズマ処理装置100はガス導入系2を介しガス3が導入される反応室4と被処理物を支持する支持台(電極)5とを備えた真空容器1を有し、反応室4内のガス3は排気系6によって排気される。真空容器1の周囲には、高周波電流を流すアンテナ7と、このアンテナ7による静電界を遮蔽するファラデーシールド8を備え、アンテナ7は高周波伝送路9を通してマッチングボックス10に接続されると共に、冷却材11でその熱を除去する。また、真空容器1は断熱材12で覆われ、温度一定の恒温曹13内に配置する。真空容器1の部材は誘電体で構成され、真空容器1上面(被処理物の支持台5より遠い方)が真空容器1下面の面積より小さい。ここで、真空容器1の部材をSiCで構成する。または、真空容器1の内壁をSiCで構成する。要するに、少なくとも真空容器1の内壁は、SiCで構成する。図2は本発明の第2の実施例を示す。反応生成物密度を制御する方法として、ウエハに対向する面に、金属または半導体で構成される板18を配置する。この板に高周波印加手段19を用いて、高周波電圧を印加し、容量結合放電によって、プラズマを追加熱して、ラジカル組成や、ウエハもしくは壁から放出された反応生成物を解離させ、反応生成物及び再解離生成物の密度を変化させる。また、高周波電圧を変えることにより、設けた板18の表面でのフルオロカーボン膜のスパッタ率を変化させ、気相からのFの取り込み量や気相への C_xF_y のリサイクリング量を変化させる。設けた板の表面18aが処理室内面と同じくSiCであれば、より均一に処理でき、効果的である。図3は本発明の第3の実施例を示す。開口部を有する金属(例えば静電界を遮蔽するファラデーシールド8)を真空容器1の外部に配置し、この金属の電位制御手段20を設けて、金属に掛ける電圧を制御することにより、壁反応を制御する。図4は本発明の第4の実施例を示す。この図は特に、上記実施例において、ファラデーシールド8の電位制御方法の一例を示したものである。コンデンサ、もしくはコイル21をアンテナ7に接続し、ファラデーシールド8に接続して、ファラデーシールド8の電位が浮遊となるようにしたこと、またコンデンサ容量やコイルのインダクタンス制御手段22を設けることによりファラデーシールド8の電位を可変とする。また、ファラデーシールド8にコ

ンデンサ、もしくはコイル21を接続させてもよい。

【発明の効果】酸化膜エッチングにおいて、処理室を構成する真空容器の内面をSiCにすることにより、フルオロカーボンガスから精製されるFラジカルを $Si+4F(2F) \rightarrow SiF_4(SiF_2)$ 反応及び、 $C+xF \rightarrow CF_x$ 反応によって除去し、また壁からフルオロカーボンラジカルを気相中に導入する。これによって、気相中のラジカル組成(C_xF_y, F, C)を制御し、ウエハに付着するフルオロカーボン膜のC/F比を制御することにより、高選択の酸化膜エッチングを実現する。また、ウエハに対向する面に電極を配置することにより、プラズマの追加熱を行い、ラジカル組成や、ウエハからの反応生成物の密度分布を制御することにより、より均一な処理を図る。更に、開口を有する金属(例えば静電界を遮蔽するファラデーシールド)を真空容器外部に配置し、その電圧を変えることにより、壁に入射するイオンのエネルギーを変えて、壁でのスパッタ、F除去量やフルオロカーボンラジカルのリサイクリング量を変化させ、気相中のラジカル組成を制御する。これによって、高選択、高均一の酸化膜エッチングを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例を示すプラズマ処理装置である。

【図2】本発明の第2の実施例を示すプラズマ処理装置である。

【図3】本発明の第3の実施例を示すプラズマ処理装置である。

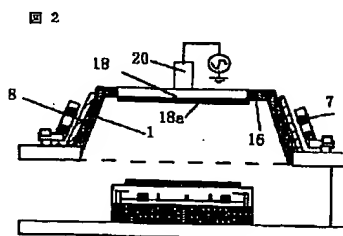
【図4】本発明の第4の実施例を示すプラズマ処理装置である。

【図5】 C_4F_8 ガスの解離経路を示す図である。

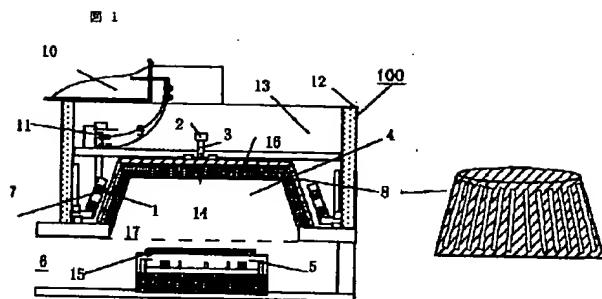
【符号の説明】

100…プラズマ処理装置、1…真空容器、2…ガス導入系、3…ガス、4…反応室、5…支持台(電極)、6…排気系、7…アンテナ、8…ファラデーシールド、9…高周波伝送路、10…マッチングボックス、11…冷却材、12…断熱材、13…恒温曹、14…プラズマ、15…被処理物、16…真空容器上面、17…真空容器下面、18…電極板(導体もしくは半導体)、18a…SiC、19…高周波印加手段、20…電位制御手段、21…コンデンサもしくはコイル、22…電位制御手段。

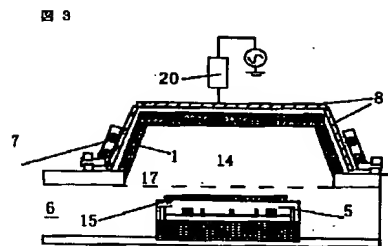
【図2】



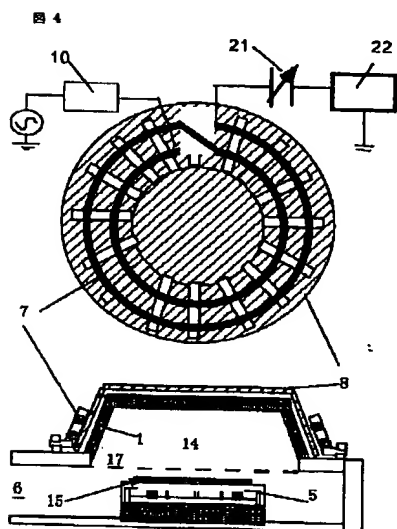
【図1】



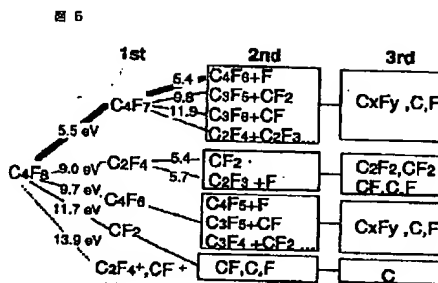
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4K057 DA11 DA13 DB06 DB15 DB20
 DD01 DE06 DM40 DN01
 5F004 AA01 AA02 BA20 BB13 BB29
 CA03 DB03
 5F045 AA08 BB01 DP03 EB02 EB03
 EC05 EH02 EH11 EH12 EK01
 GB04